

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С АСИММЕТРИЧНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ НАГРЕВА

Коллективом кафедры электрических машин УрФУ совместно с ЗАО «Уралэлектромаш» осуществляется разработка опытного образца высоконадежного асинхронного двигателя с применением неорганической изоляции на основе керамических материалов для использования в экстремальных условиях воздействия радиационных полей и высоких температур.

Применение керамической изоляции потребовало применения обмотки статора, имеющей простейшую форму катушек с минимальным изгибом провода при намотке, чтобы исключить возможность повреждения изоляции. Традиционная технология изготовления асинхронных двигателей со всыпными обмотками статора исключает возможность применения обмотки с керамической изоляцией. В этом отношении наиболее целесообразно использовать конструкцию асинхронного двигателя с асимметричным магнитопроводом (АДАМ) [1].

АДАМ имеет сосредоточенную обмотку статора с укорочением, равным $1/3$ полюсного деления (рис. 1). 3-х фазная обмотка не имеет перекрещивающихся лобовых частей. Сердечник статора состоит из шести модулей. Катушки статора наматываются непосредственно на сердечник модулей. Прямоугольная форма катушек АДАМ не только обеспечивает относительную простоту их изготовления с контролируемой укладкой витков, а также способствует минимальному изгибу провода, чтобы исключить повреждение керамической изоляции.

Новая конструкция АДАМ потребовала разработки методики теплового расчета как для установившихся, так и для нестационарных режимов нагрева.



Рис. 1. Статор опытного образца АДАМ новой конструкции, разработанного в ЗАО «Уралэлектромаш»

Тепловой расчет выполняется с помощью метода тепловых схем [2]. Данный метод основан на широком использовании тепловых сопротивлений, которые соединяются в тепловую сеть, имитирующую реальные пути передачи тепловых потоков в машине. АДАМ разбивается на ряд элементов. Элементы конструкции, имеющие источники тепла, изображаются на тепловой схеме в предположении, что они являются сосредоточенными и соединяются с другими элементами посредством тепловых

сопротивлений.

Для тепловой схемы установившегося режима система уравнений записывается в матричной форме и решается с помощью пакета прикладных программ по предварительно найденным значениям тепловых сопротивлений и источников тепла. В результате получаем средние превышения температур элементов (таблица 1) относительно окружающего воздуха, температура которого принята равной 40°C .

**Расчетные данные средних превышений температур элементов
для установившегося теплового режима АДМ**

Лобовые части обмотки статора $\Theta_{ср1}, ^\circ\text{C}$	Пазовые части обмотки статора $\Theta_{ср2}, ^\circ\text{C}$	Тело зубца сердечника статора $\Theta_{ср3}, ^\circ\text{C}$	Спинка ст. в зоне примыкания зубца модуля $\Theta_{ср4}, ^\circ\text{C}$	Подш. Щиты $\Theta_{ср5}, ^\circ\text{C}$
61,3	61,6	61,7	53,9	54,3
Стержни к.з. и серд. ротора $\Theta_{ср6}, ^\circ\text{C}$	К.з. кольца обмотки ротора $\Theta_{ср7}, ^\circ\text{C}$	Корпус двигателя $\Theta_{ср8}, ^\circ\text{C}$	Спинка ст. в зоне примыкания паз. части обм. ст. $\Theta_{ср9}, ^\circ\text{C}$	Зубц. наконечник $\Theta_{ср10}, ^\circ\text{C}$
74,9	71,1	45,0	51,0	65,4

Для расчета нестационарных процессов эквивалентная тепловая схема, разработанная для расчета установившегося теплового режима, дополняется [2] тепловыми емкостями для каждого выделенного узла конструкции двигателя (рис. 2), величина тепловых емкостей определяется массой и удельной теплоемкостью материала соответствующего узла конструкции двигателя.

Для разработанной схемы составлена система дифференциальных уравнений переходного теплового процесса для 10 элементов. Система решается с помощью широко применяемого численного метода расчета – метода Рунге – Кутты.

Для демонстрации возможности разработанной программы расчета нестационарного теплового режима на рис. 3 приведен график изменения температуры ряда элементов конструкции АДМ при включении и отключении двигателя от сети.

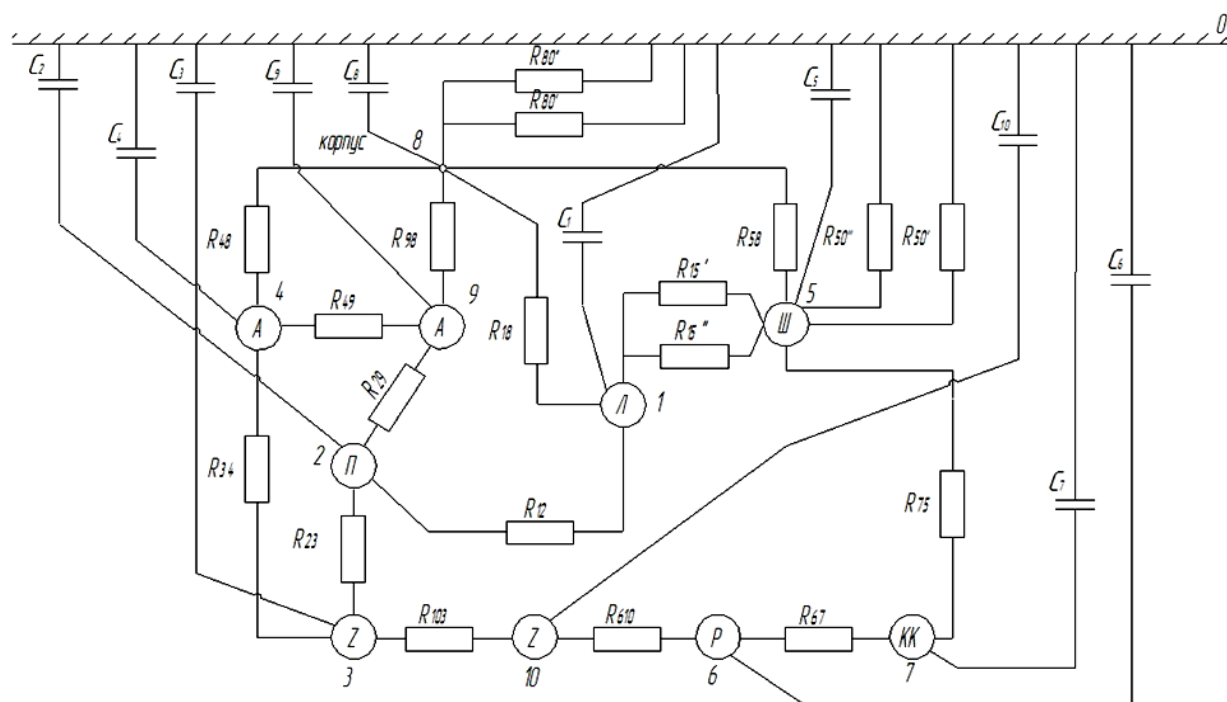


Рис. 2. Тепловая схема АДМ для расчета нестационарных процессов

0-окружающая среда; 1-лобовые части обмотки статора; 2-пазовая часть обмотки статора; 3-тело зубца сердечника статора; 4-спинка статора в зоне примыкания зубца модуля сердечника статора; 5-подшипниковые щиты; 6-стержни к.з. клетки и сердечник ротора; 7-к.з. кольца обмотки ротора; 8-корпус двигателя; 9-спинка статора в зоне примыкания пазовой части обмотки статора; 10-зубцовый наконечник.

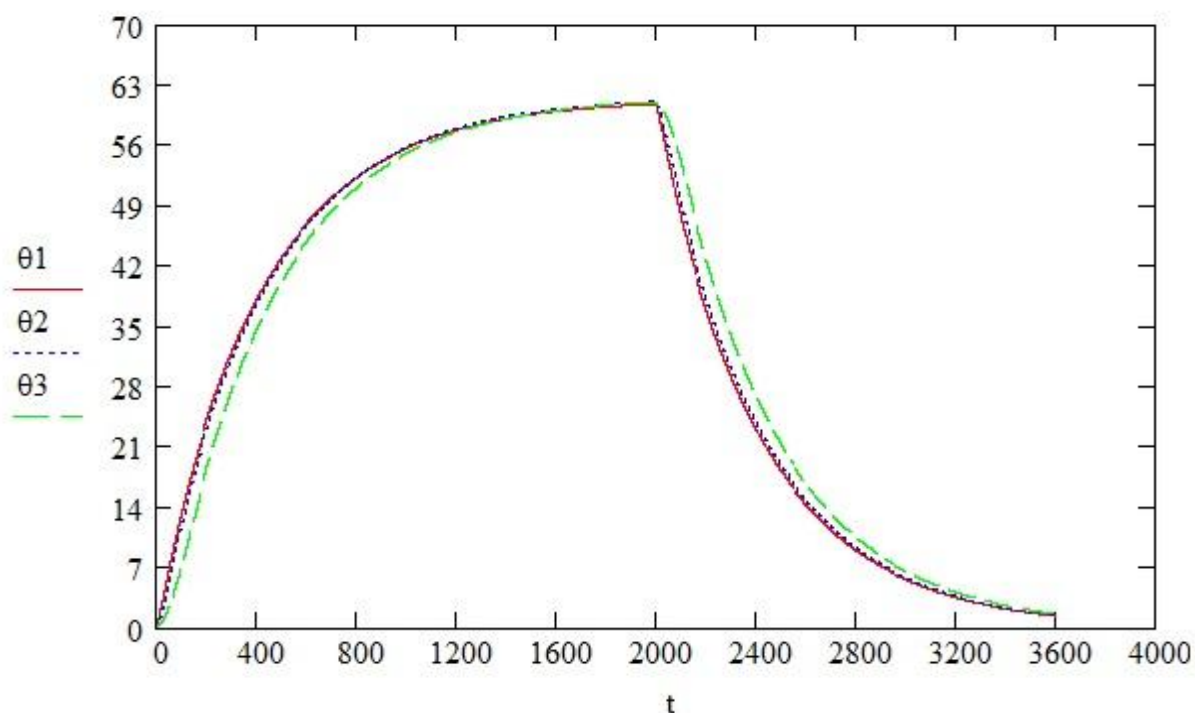


Рис. 3. График среднего превышения температур для: 1 – лобовых частей обмотки статора; 2 – пазовых частей обмотки статора; 3 – тела зубца сердечника статора.

Разработанная программа может стать базовой для расчета перегрева обмотки статора и других конструктивных узлов двигателя в повторно – кратковременном и других стандартных режимах работы асинхронных двигателей.

Список использованных источников

1. Разработка высоконадежного асинхронного двигателя с асимметричным магнитопроводом для особых условий эксплуатации / Б. Т. Бакубаев, В. И. Денисенко, Н. Е. Недзельский // Электротехника. Электротехнология. Энергетика. ЭЭЭ-2015: сборник научных трудов VII международной научной конференции молодых ученых 9-12 июня 2015 г. Новосибирск: НГТУ, 2015. С.10-13. ISBN 978 5 7782 2664 7(ч.1).
2. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах: учеб. для вузов по спец. «Электромеханика» / Г. А. Сипайлов, Д. И. Санников, В. А. Жадан. М.: Высш. шк., 1989. 239 с.: ил.